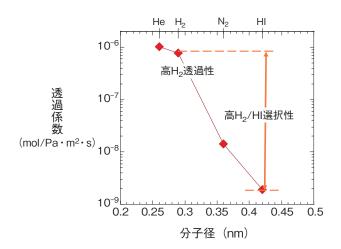
6-5 IS 法の水素製造効率向上に向けて -シリカ膜反応器を用いてヨウ化水素分解率を改善-



図6-11 シリカ膜の外観写真 アルミナ基材上に、化学蒸着により水素選択性のシリカの 薄膜を形成しています。



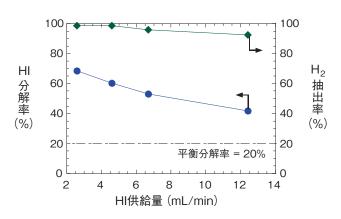


図6-13 HI 供給量に対する HI 分解率の関係 HI 供給量が小さいほど HI 分解率が増加し、平衡分解率の 20% を大きく超えて、最大で 70% に達しました。

図6-12 シリカ膜に対する各種ガスの透過性能 シリカ膜は高い水素透過性に加えて、分離対象の HI ガスの 透過が抑えられ、高い H_2/HI 選択性を有しています。

高温ガス炉の熱利用技術として、熱化学法水素製造法 ISプロセス(IS法)の研究開発を行っています。IS法は、 次の三つの化学反応を組み合わせて水分解により水素製 造を行う化学プロセスです。

ブンゼン反応 (100℃)

$$SO_2 + I_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HI$$
 (1)
硫酸分解反応(850 °C)

$$H_2SO_4 \to H_2O + SO_2 + 0.5O_2$$
 (2)
ヨウ化水素(HI)分解反応(400 °C)

$$2HI \rightarrow H_2 + I_2 \tag{3}$$

これらの反応の中で HI 分解反応の平衡反応率は、400 ℃で約 20% と比較的低いため、反応率の向上が課題となっています。この課題解決のため、HI 分解反応触媒と水素ガス (H₂) 選択性の分離膜を組み合わせた膜反応器の研究開発を行っています。これまでに、高いH₂ 選択透過性を持ち、高腐食性の HI 環境でも安定な水素分離膜を開発し、その水素分離膜と HI 分解反応触媒を組み合わせた膜反応器の実証を行ってきました。

水素分離膜として、アルミナ基材上にヘキシルメトキシシランを化学蒸着したシリカ膜を製膜しました(図 6-11)。このシリカ膜に対する各種ガス(He、 H_2 、 N_2 、HI)の

透過性能を測定したところ、作成したシリカ膜は高い H_2 透過性能に加えて、高い H_2 /HI 透過性能比 (HI に対する H_2 の選択性) を示しました (図 6-12)。加えて、腐食性の HI 環境においても 11 時間安定に機能することが確認できました。

このシリカ膜を組み込んだ膜反応器を用いて、HI 供給量に対する HI 分解率の関係を検討しました (図 6-13)。膜反応器は触媒である活性炭を充てんした金属を外管とし、シリカ膜を内管として挿入することで構成されています。HI は金属管とシリカ膜の隙間を流れ、HI 分解反応 (式 3) により生じた H₂ が選択的にシリカ膜を通して抽出されることになります。この膜反応器は、HI 供給量が小さいほど良好な性能を示し、最大で 98% の H₂ 抽出率に達し、そのときに平衡分解率の 20% よりも大幅に向上した 70% の HI 分解反応率を示しました。これは、膜反応器の導入により、HI 分解反応の循環流量を 80%削減し、熱効率を 1% 改善させることに相当し、膜反応器の実用化に求められる性能を実証しました。今後は、膜反応器の大型化に必要な長尺の製膜技術の開発を進めていく予定です。

(Odtsetseg Myagmarjav)

●参考文献

Myagmarjav, O. et al., Comparison of Experimental and Simulation Results on Catalytic HI Decomposition in a Silica-Based Ceramic Membrane Reactor, International Journal of Hydrogen Energy, vol.44, issue 59, 2019, p.30832-30839.